

D1

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-14929

(43)公開日 平成6年(1994)1月25日

(51)Int.Cl.⁵

A 6 1 B 8/14

G 0 1 N 29/06

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7507-4C

8105-2J

審査請求 未請求 請求項の数1(全17頁)

(21)出願番号 特願平5-113762

(22)出願日 平成5年(1993)4月16日

(31)優先権主張番号 870,388

(32)優先日 1992年4月17日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 590000400

ヒューレット・パッカード・カンパニー

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト

ハノーバー・ストリート 3000

(72)発明者 バーナード・ジェー・セイボード

アメリカ合衆国マサチューセッツ州アンド

ーバ・スティーブンス・ストリート 42

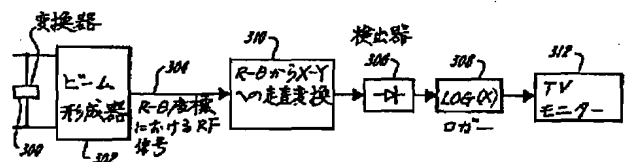
(74)代理人 弁理士 長谷川 次男

(54)【発明の名称】 音響イメージング装置

(57)【要約】

【目的】音響イメージング・システムにおいて、フレーム率を低下させることなく、分解能を高める方法及び装置を提供する。

【構成】本発明の一実施例によれば、走査変換又はデータ補間は音響変換器が発生する信号が検出および制限によって処理される前に該信号において実行される。この処理はイメージの再構成プロセスの間に通常失われる信号の位相情報を使用してイメージ分解能を増大する。非線形補間装置が、補間されたデータ点をより正確に発生するため、音響変換器によって発生されるデータを可視表示に適したデータに変換するのに用いられる走査変換プロセスの間に用いられる。音響ライン間の非線形角距離はイメージの分解能を低下させずにイメージのフレーム率を増大するのに用いられる。フレーム率は変換器によって発生される信号を補間することにより、それらがビーム形成回路に供給される前に増大することもできる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の音響変換器素子と、該変換器素子に接続されて対象物を調べる送信音響ビームを発生する手段と、前記変換器素子に接続されて受信音響ビームからの信号を受信する手段と、受信された音響信号に応答して第1のフォーマットにおけるイメージ信号を発生する手段とを備えた音響イメージング装置において、前記イメージ信号に応答して可視表示に適した第2のフォーマットにおけるイメージ表示信号を発生する変換器手段と、前記変換器手段に接続され、前記イメージ表示信号を検出し制限する手段と、前記検出され制限されたイメージ表示信号に応答して前記対象物のイメージを可視表示する手段と、を備えて成る装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、フェイズド・アレイ音響システムに関するものであり、超音波フェイズド・アレイ・イメージング・システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】人体の内部の実時間イメージを形成するための超音波イメージング・システムは、周知のところである。こうしたシステムの1つの場合、体と接触するように配置された超音波変換器のアレイが、短い電気パルスに対応する圧力波に変換する。電気パルスは、アレイの個々の変換器のそれぞれに加えることが可能であり、アレイ内の他の変換器に対する各変換器へのパルスの印加時間を選択することによって、各変換器によって発生する圧力波を、アレイから所定の方向に伝搬する「送信ビーム」にすることが可能である。

【0003】送信ビームの圧力波が、人体を通過する際、該圧力波が音響特性の異なる組織に遭遇する毎に、音響エネルギーの一部が、変換器アレイに向かって反射される。反射される圧力パルスに対応する電気パルスに変換するための、受信変換器のアレイ（送信アレイと同じにすることも可能である）が設けられている。反射された圧力パルスは、受信アレイの各変換器によって受信され、各変換器によって発生する信号間の相対遅延を適合するように選択し、信号を組み合わせることによって、「受信ビーム」に位置する受信圧力波を、他の圧力パルスに対して優先的に強調することができる。送信ビームの場合と同様、相対的な変換器遅延を調整し、受信ビームが、変換器アレイから所望の方向に延びるようにすることが可能である。

【0004】受信した音響信号の「焦点」を受信ビームに沿ったあるポイントに合わせることも可能である。これは、変換器間の相対的信号遅延を選択的に調整して、受信変換器によって発生する電気信号が、受信ビームに沿った、変換器アレイから所定の距離だけ離れたポイン

トから受信した信号と時間的に重なるが、他の信号とは重ならないようにすることによって行われる。従って、信号を組み合わせると、このポイントに対応する信号から強い信号が生じるが、異なる時間に他のポイントから到着する信号は、位相関係がランダムであり、従って、破壊的な干渉を生じる。

【0005】このシステムの場合、変換器アレイから選択された角方向に送信ビームを発生する、または、「発射」するように、音響変換器を調整することによって、2次元イメージ・プロットまたはセクタ・イメージを発生することが、可能である。次に、受信変換器は、さらに、送信ビームと同じ角度で受信ビームを発生するように、調整される。受信変換器は、所定の送信ビーム角度に沿って、変換器アレイから順次距離を延ばして、受信ビームの焦点を合わせるように調整される。各順次焦点毎に、受信信号が記憶される。次に、所定の角度量だけ、送信及び受信ビームを移動させて、捕捉信号のプロセスが繰り返される。次に、開始された信号に処理を施して、セクタと呼ぶウェッジ形状の音響イメージが形成される。

【0006】受信ビームに沿った所望の焦点と個々の受信変換器の間の距離が異なるので、反射圧力パルスが、変換器に到達する時間が異なり、従って、電気信号の発生する時間も異なることになる。従って、各変換器と信号総和点の間に電氣的補償遅延を導入して、総和点における全電気信号の到達時間が、どの変換器に関連しているかに関係なく、同じになるようにすることが、必要になる。変換器補償遅延及び信号総和回路要素の集合体は、通常、「ビーム形成器」と呼ばれ、例えば、本発明の譲受人に対して発行された米国特許第4,140,022号に記載がある。該特許に解説のビーム形成器の解説は、参考までに本書に組み込まれている。

【0007】ビーム形成器の出力は、受信圧力パルスの振幅を表した高周波信号である。この信号は、受信ビームの角度(θ)と、焦点が得られる、受信ビームに沿った半径方向の距離(R)の関数であることが多い。従って、該信号は、 $R-\theta$ 座標にあると称される。また、従来の構成方法を利用して、線形走査のような、他の座標形における走査情報を発生するビーム形成器を構成することも可能である。しかし、狭い限定された領域であることを考慮して、これら他の座標系で表した信号を $R-\theta$ 座標に変換することも可能である。従って、下記の説明は、一般性を失わないように、 $R-\theta$ 座標を想定して行うことにする。

【0008】一般に、信号は、テレビジョンまたはラスタ走査モニターのようなディスプレイ・モニターに表示されるので、信号フォーマットは、 $R-\theta$ 座標からテレビジョン・ディスプレイで用いられる $X-Y$ 座標に変換しなければならない。この変換は、 $X-Y$ 走査変換器と呼ばれる装置によって実施される。実際のデータは、 R

一 θ 座標の離散的な角度位置において得られるので、走査変換器は、 $R-\theta$ 座標値間を補間することによって、必要な $X-Y$ 値を発生しなければならない。こうした走査変換器の構成及び動作は、周知のところである。例えば、走査変換器については、両方とも、本発明の譲受人に譲渡された、米国特許第4,468,747号、及び、第4,471,449号に詳細な記載がある。これらの特許の説明は、参考までに本書に組み込まれており、従って、ここでは、走査変換器の詳細な構成について、これ以上の説明は行わない。

【0009】従来の走査変換器システムには、いくつかの問題を生じるものもあることが分かった。こうした問題の1つが、再構成されるイメージに「人為的不自然さ」を伴うことが多いということである。人為的不自然さは、表示されるイメージに生じるが、実際の対象には存在しない視覚的異常である。こうした異常は、例えば、放射ライン、チェックボード・パターンまたはスペckルから構成され、一般に、イメージの不完全な再構成に関連している。

【0010】先行技術によるシステムに関するもう1つの問題は、分解能に限界のある場合が多いということである。イメージの分解能を高める既知の方法の1つは、音響ライン間における角インクリメントを減少させることによって、発射される音響ライン数を増加させることである。明らかに、こうしたアプローチによって、音響データを得て、イメージを再構成するのに必要な全時間が増すことになる。心臓の弁のような動く対象のイメージングには、多くの超音波イメージング・システムが利用されているので、主として重要なのは、できるだけ速くイメージを形成して（「フレーム率」すなわち単位時間毎に発生するイメージ数を増すことによって）、できるだけ正確に、対象の動作を表すことができるようにすることである。フレーム率は、各イメージを形成するために発射されるライン数を減少させることによって、増すことが可能である。ただし、前述のように、これによって、やはり、イメージの総合分解能が低下する。結果として、先行技術によるシステムの場合、分解能とフレーム率の間でトレード・オフが生じた。

【0011】

【発明の目的】本発明の目的は、相応じてシステムのフレーム率を低下させることなく、分解能を高める方法及び装置を提供することにある。本発明のもう1つの目的は、音響イメージの形成に必要な回路要素または時間を相応じて増大させることなく、システムのSN比またはフレーム率を高めことにある。本発明のもう1つの目的は、通常は先行技術による再構成プロセス時に廃棄される付加情報を利用して、再構成の分解能を高めることにある。本発明のもう1つの目的は、不完全な先行技術による再構成プロセスによって形成される音響イメージの人為的不自然さを減少させることにある。本発明のさら

にもう1つの目的は、音響ライン密度を低下させることなく、分解能を高めることにある。

【0012】

【発明の概要】音響イメージング・システムが、ナイキスト・サンプル値データ・システムとして取り扱われる、本発明の実施例の1つによって、以上の目的が達成され、以上の問題が解決される。本発明の態様の1つによれば、通常は再構成プロセス時に失われる信号位相情報を利用して、イメージの分解能を高めるため、信号処理順が、変更される。すなわち、本システム及び方法の場合、変換器によって発生する信号を検出し、制限を加えて、処理を行う前に、信号に走査変換またはデータ補間が施される。

【0013】本発明のもう1つの態様によれば、走査変換プロセス時に、 $R-\theta$ データが、非線形補間案を利用して $X-Y$ データに変換される。先行技術による線形補間は、データ間におけるイメージの強度を過小評価しており、非線形補間によって、この過小評価が軽減されることが明らかになっている。すなわち、本発明によれば、2つのライン間におけるイメージ・データ値は、同期（ $\sin x/x$ ）関数の主ローブを明らかにする数値に基づいてデータを推定する補間器を用いて、行われる。

【0014】本発明のもう1つの実施例によれば、線形変換器アレイを利用するイメージング・システムの場合、送信及び受信ビームが、アレイに対し垂直なラインに対して大きい角度を形成する位置に送られると、有効フェイズド・アレイ・アパーチャが、ビームまたは操向角のコサインだけ縮小されることが分かっている。この縮小によって、ビーム幅が広がる。従って、利用する音響ライン間の角間隔を広くすると、音響ライン間におけるライン間隔を等しくすることによって得られるイメージと同じイメージ分解能を得ることができる。さらに、この間隔の拡大によって、所定のイメージ分解能を得るための、大きい角度で利用するのに必要なライン数が減少する。従って、イメージ分解能を低下させることなく、イメージ・フレーム率を高めることが可能になる。すなわち、操向角のコサインと相反関係をなすように均一なグリッド上に間隔をおいて配置された音響ラインによって、満足のゆく結果の得られることが分かった。

【0015】本発明のさらにもう1つの態様によれば、ビーム形成回路に加える前に、変換器によって発生する信号を補間することによって、音響イメージング・システムのフレーム率が、高められる。すなわち、音響ライン間の角離隔距離を増すと、ラインの発射数が減少し、この結果、フレーム率が高くなる。これによって通常生じることになる分解能の対応する低下は、既存のライン間の角位置に関する既存のデータを補間することによって、消失する音響ラインに通常含まれているイメージ情

報を同期させることにより阻止される。

【0016】

【実施例】図1は、従来のフェイズド・アレイ・イメージング・システムの略ブロック図である。すなわち、図の左側には、変換器100のアレイが、ビーム形成器102の入力に接続されている（分かりやすくするため、単一の変換器だけしか示されていない）。一般に、変換器の同じアレイを利用して、ビームの発生と、反射される圧力パルスの受信の両方が行われる。変換器100は、概略で示すように、ビーム形成器102に直接接続されているが、実際には、送信駆動装置及び受信増幅器が、変換器とビーム形成器の間に接続されている。これら後者の回路の構成及び接続は、周知のところであり、従って、明瞭化のため、図1から省略されている。

【0017】ビーム形成回路の構成及び動作は、当該技術の熟練者にとってやはり周知のところであり、前述の米国特許第4,140,022号にさらに詳細に示されている。要するに、該回路には、選択的に変換器の信号を遅延させる複数の遅延線、及び、遅延信号を組み合わせて、ライン104に出力電気信号を送り出す総和ネットワークが含まれている。次に、リード線104におけるビーム形成器の出力（前述のように、この出力は、R- θ 座標である）に処理を施して、TVディスプレイ112に表示可能な最終的X-Y信号を発生する。すなわち、リード線104の出力を検出して、圧縮してから、走査変換器に送り、R- θ 座標からX-Y座標への変換を行う。一般に、ビーム形成器の出力信号は、ダイナミック・レンジが大きく、一方、一般的なTVモニターは、ごく限られたダイナミック・レンジの信号しか表示することができないので、この追加処理が必要になる。従って、リード線104におけるビーム形成器の出力信号は、検出回路106に加えられる。

【0018】検出回路106は、図1にダイオードとして概略が示された、一般に「絶対値」または「二乗」タイプ検出器である。こうした検出器の構成及び動作は、周知のところであるため、検出器106については、本書ではこれ以上の説明は行わないが、検出器は、絶対値検出器であると仮定する。検出器106の出力は、入力信号の大きさに関連した直流レベルを含む信号である。この最後の信号は、増幅器108に加えられる。増幅器108は、検出器106によって発生する信号のダイナミック・レンジをTVモニターで扱うことの可能な信号のダイナミック・レンジに縮小するために用いられる。典型的な装置は、入力信号 x にตอบสนองして、出力 $\log(x)$ を発生する「ロガー」と呼ばれる対数増幅器である。ただし、他のデータ圧縮装置も、既知のところであり、対数増幅器の代わりに用いることも可能である。こうした装置には、非線形伝達特性を備えた任意のタイプの増幅器を含むことが可能である。こうしたデータ圧縮装置の構成及び動作は、一般的なものであり、ここでは

これ以上解説しないことにする。増幅器108の出力は、R- θ 座標による走査データを表示に必要なX-Y座標に変換する走査変換器110に供給される。一般に、ボックス110で概略を示した走査変換器の構成及び動作は、周知のところである。R- θ 座標をX-Y座標に変換するのに必要な補間を実施する回路構成を表した図2には、より詳細なブロック図も示されている。

【0019】ライン200のデータ圧縮装置108からのR- θ データは、データにあらかじめ選択された定数(A)を掛ける直接スケーリング回路202に加えられる。入力ライン200を介した入力データは、「1ライン」・バッファ204にも加えられる。アナログ・データの場合、バッファ204は、変換器アレイによって発生する音響ライン間における時間遅延に等しい時間間隔にわたって、ライン200からのアナログ情報を遅延させる、単純な遅延線とすることが可能である。代替案として、入力信号をデジタル化すれば、バッファ204は、一時記憶メモリとすることも可能である。いずれにせよ、バッファ204の出力は、第2の所定の定数によって情報にスケーリングを施す、第2のスケーリング装置206に供給される。スケーリング装置202のバッファ出力208及びスケーリング装置206の出力210が、出力214を発生する総和ネットワーク212に加えられる。バッファ204によって、回路は、走査線間に生じるポイントに関するデータの補間値を発生することが可能になる。走査変換器110の出力が、表示のため、TVモニター112に加えられる。

【0020】本発明によれば、信号処理順を変更することによって、図1に示すようなイメージング・システムによって発生する音響イメージの分解能が、大幅に高くなる。すなわち、図3に示すように、検出及び圧縮前に、走査変換を実施する場合、走査線数を増やさなくても、イメージの分解能を高めることが可能になる。すなわち、図3の場合、変換器300及びビーム形成器302は、それぞれ、図1に示す素子100及び102に対応する。ビーム形成器302によってリード線304に発生するデータ信号は、先行技術の構造のように、検出器306にではなく、走査変換器に直接加えられる。走査変換器310の出力は、さらに、検出器306及びデータ圧縮装置308に加えられ、増幅器308の出力は、表示のため、TVモニター312に加えられる。

【0021】本発明の処理順の変更効果は、図4-11を参照することによって、説明することができる。図4A及び図4Bには、水の音響インピーダンスにほぼ等しい音響インピーダンスを備えたゼラチン材料に、金属ワイヤで形成される「ターゲット」が埋め込まれている、テスト用「ファントム」装置を用いて音響イメージング・システムのテストを行う、従来の方法が示されている。図4A及び図4Bには、2つのファントムの、ワイヤの軸に対して垂直な方向における独立した2つの断面

図が示されている。ワイヤは、その音響インピーダンスが水よりも大きいことを表す「正」（「+」符号で表示）と、その音響インピーダンスが水よりも小さいことを表す「負」（「-」符号で表示）のどちらにすることも可能である。次に、音響ビームを発生し、該ビームでワイヤの掃引を行うことによって、これらのワイヤのイメージが形成される。

【0022】図4Aには、2つの正のワイヤに呼びかける、または、その位置を突き止める2つの音響ラインが、示されている。ドット・ライン400は、ワイヤ402に呼びかけるため発射される音響送信ビームを表しており、ドット・ライン404は、ワイヤ406に呼びかけるために用いられる送信ビームを表している。図4Bには、正のワイヤの1つと負のワイヤの1つに呼びかけるために、音響ラインが発射される、第2のファントムが示されている。ライン408は、正のワイヤ410に呼びかけるために用いられる送信ビームを表し、ライン412は、ワイヤ414に呼びかけるために用いられる送信ビームである。実際のイメージ形成時には、所定の角インクリメントで、多くのラインが発射される。ライン400、404、408、及び、412は、これらのラインのうちの4つだけを表したものである。

【0023】図5A-図8Bには、図4A及び図4Bに示すテスト用ファントムが、図1に示す先行技術によるシステムを用いてイメージ形成される場合に結果として生じる、中間の表示信号が示されている。とりわけ、図5A及び図5Bには、それぞれ、図4A及び図4Bに示す2つのテスト用ファントムのためのビーム形成器によって発生する信号に関して、「連続した」信号振幅対送信ビームの角度についての2つのグラフが示されている。これらの図には、無限数のラインが発射された場合に期待される理論的応答が示されている。図5Aに示すように、ライン400で示す位置において音響ラインとワイヤのアライメントがとれるように、送信角度を調整すると、信号振幅が最大に達する。最大振幅は2つあり、図4Aに示す正のワイヤのそれぞれに対応する最大振幅は、送信ビーム400及び404に対応したものである。図5Bには、図4に示す正と負のワイヤに対応する、正の最大振幅及び負の最大振幅が示されている。

【0024】図6には、図2に示すシステムを利用して、ビーム形成器のデータを処理するものと仮定した場合に、検出器106のような検出器の出力から生じる「連続」信号が示されている。前述のように、この検出器は、絶対値検出器であり、従って、信号の振幅は、正になる、すなわち、軸に対して折り返される。図6Aの場合、検出される信号は、ビーム形成器の出力とほぼ同じになる。しかし、図6Bの場合、信号の負の部分は、検出器の二乗作用による第2の正の最大振幅として表されている。

【0025】ただし、実際のイメージング・システム

は、無限ライン数を発射しないが、有限数のラインを利用して、イメージを発生する。有限数のラインを利用する効果は、信号をサンプル値データ信号に変換することにある。図7Aには、4つのラインしか用いずに、図4Aに示すテスト用ファントムに呼びかけた場合に、こうした信号がどう見えるかについて示されている。発射される4つのラインは、図4Aに示すライン400及びライン404、及び、ライン400及び404のいずれかの側において発射される2つの追加ラインに対応する。図7Bには、図4Bに示すファントムに関する4つのライン信号が示されている。図7A及び7Bのそれぞれにおける2つの垂直ラインは、ワイヤをはさみ取る音響ラインに対応する。サンプル値信号は、ほぼ、サンプリング角度における、図6A及び図6Bに示す連続信号の振幅である。連続信号は、図6A及び6Bの両方とも、正の最大振幅しか示さないもので、図7A及び7Bのサンプル値信号は、全く同じである。

【0026】サンプル値信号を表示するため、サンプル値バージョンの信号を線形補間して、最終出力が送り出される。この補間出力は、図8A及び8Bに示されているが、両方のテスト用ファントムとも、同一である。従って、図4A及び4Bに示すテスト用ファントムは、異なっているが、位相情報が信号処理手順時に廃棄されているので、結果生じるイメージは、同じである。図9A-10Bには、図3に示す本発明の装置を用いて、ビーム形成器の信号に処理を加えた場合に発生する、中間の表示信号が示されている。すなわち、この場合、図3に示すビーム形成器の出力が、走査変換器310に直接加えられる。この場合、補間は、検出前に実施される。図9Aに示すように、図5A及び5Bに示す連続信号のサンプル値信号バージョンの場合、図5Aに示す信号の最大振幅が両方とも正のため、正のサンプルが生じる。しかし、図9Bの場合、図6Bにおける最大振幅は正及び負に分かれるので、サンプルの一方は、正になるが、もう一方のサンプルは、図6Bに示す負の最大振幅のため、負になる。図10A及び10Bに示すように、走査変換器310の線形補間による出力は、この場合、2つのテスト用ファントムについて異なっている。図10A及び10Bに示す信号を検出して、図11A及び11Bに示す信号が得られる場合、この得られた信号には、図5Bに示す2つのワイヤ間における信号の欠如によって生じる最小振幅1102が含まれる。検出器の出力は、本発明のシステムによって表示される。

【0027】従って、図11A及び11Bと図8A及び8Bを比較することによって明らかになるように、走査変換及び検出の順序を逆にすれば、元の対象に存在した位相情報が処理の際に失われないので、情報を追加されたイメージが得られる。容易に明らかになるように、ターゲットが任意の位相差 θ を備えている場合、本発明のイメージング・システムによって得られる補間された空

白の深さは、 $\cos(\Theta/2)$ であり、結果生じるピクチャには、ビーム形成器の総和ノードにおいて存在する全ての位相情報が含まれている。これを別様に表すと、最終イメージに表示される空白から、ビーム形成器の総和ノードにおける信号の位相を数学的に求めることができるということになる。

【0028】図12及び13の比較によって、本発明の装置及び方法を利用することによって得られるイメージの質の向上が明らかになる。すなわち、図12には、心筋の断面の拡大イメージが示されている。このイメージは、3000 Minuteman Road, Andover, Massachusetts 01810のヒューレット・パッカード社から、「PRISM」の商品名で販売されている、3.5MHzの超音波周波数、及び、ライン間隔を0.75°にした、128の変換器からなるアレイを用いた従来の超音波イメージング・システムを利用して、発生したものである。検出は、図1に示すように、走査変換前に、この従来のシステムを用いて行われた。図13の場合、上述の同一の装置が利用されているが、図3に示すシステムに基づいて、走査変換後に、検出されるという点だけが異なっている。図13の場合、ファイバ間の空白に対応する、明確に描かれた暗い円によって、明るい各筋肉の輪郭が描かれるので、図12に示す従来のイメージに比較すると、より明確に筋肉が示される。

【0029】図12に示すような、従来のやり方で形成されるイメージの場合、明るい半径方向のストリークの形をとる、人為的な不自然さの反復を生じることが多い。これらのストリークは、最終的な表示を得るために、実際のデータ・ポイント間において実施される走査変換補間の結果である。すなわち、走査変換に用いられる従来の線形補間案によれば、表示に必要なデータ・ポイントが、異なる2つの音響ラインからの2つのR- Θ データ・ポイント間にある場合、有効利得が低下することが分かった。この場合、先行技術の補間(図2に示すような)では、乗算器202及び206によって利用可能な2つのデータ・ポイントにスケールを施すことによって、必要なデータ・ポイントを形成するが、この場合、係数A及びBは、 $A+B=1$ になるように選択される。

【0030】このような線形補間案の場合、実施が簡単であり、有効直流レベルのシフトを生じない、平滑な補間が行われることになる。しかし、本発明のもう1つの態様によれば、追加ラインが発射された場合に生じる、音響ライン間に位置する対象の理論的に連続した角応答は、2つのデータ・ポイント間における応答データを線形に補間して計算された応答より約1.8db高くなる。すなわち、本発明によれば、線形補間の代わりに、同期関数に対応する値を用いる補間が望ましい。

信号 $(\Theta) = \sum a(i, \Theta - \Phi)$

*【0031】図14には、望ましい構造が示されている。ライン1400の入力データは、乗算器1402に直接加えられ、所定の定数Aを掛けてから、総和ポイント1412に加えられる。入力1400は、ライン・バッファ1404の1つにも加えられ、バッファ1404の出力は、乗算器1406に加えられ、出力1410を介して、総和ポイント1412に送られる。その内の2つがバッファ1416及び1420として示されている追加バッファも、設けることが可能である。これらのバッファの出力は、それぞれ、乗算器1418及び1422にも加えられる。乗算器の出力は、さらに、総和ポイント1412に加えられる。しかし、本発明の構成の場合、係数A、B、C...Nの総和は、1にならない。代わりに、係数が理想の同期関数の値 $(\sin x)/x$ をとるように、係数の調整が行われる。

【0032】すなわち、本発明によれば、走査変換は、古典的なナイキスト・サンプリング再構成の問題と同等に扱われる。すなわち、フーリエ光学によって明らかにすることができるように、変換器アレイによって発生する音響信号の角空間周波数は、絶対的なバンド制限が施されている。結果として、古典的なナイキストの判定基準を満たす限り、離散的角インクリメントで対象の音響的サンプリングを行い、結果生じるイメージを理想的なナイキスト・フィルタで再構成することが可能である。こうした理想のフィルタは、同期関数のインパルス応答をするので、最も正確な再構成は、補間のための走査変換時に、同期関数が用いられる場合に行われる。実際には、これには、無限数の遅延及び乗算器が必要になるので、理想の同期関数応答を発生することができない。しかし、同期関数補間器が絶対に理想的である必要はないことも分かった。代わりに、同期関数の主ローブにほぼ対応する曲線を利用することが可能である。この曲線が、先行技術において通常用いられる三角関数に取って代わることになる。

【0033】例えば、既知の2つのデータ・ポイント間に中心のくるポイントにおいて、データ信号を計算するために、2つのデータ・ポイントのそれぞれに0.5を掛けて、その結果を総和する先行技術の方法の代わりに、各データ・ポイントに0.58を掛けることによって、前述の人為的な不自然さを軽減することが可能になることが分かった。係数を総和しても、1にならないので、本発明の補間案によって、信号に直流レベルが導入されることになる。しかし、走査変換によって、検出前に、直流成分が除去されるので、潜在的な問題が排除される。すなわち、下記の式を利用して、複数の既知データ・ポイント1...Nから角度 Θ のイメージ・フィールドを推定することが可能になる。

【0034】

【数1】

信号 $(\Phi + (i - N/2) \Delta \Phi)$

【0035】ここで、 $\Delta\Phi$ =離散的角度間の間隔であり、 $\Phi=\Delta\Phi \text{int}(\Phi/\Delta\Phi)$ は、 Φ 以下の最大の離散的角度である。関数 $a(i, \Theta-\Phi)$ は、連続した補間関数を表している。補間に利用されるデータ・ポイント*

*ト数 N が、大きくなるにつれて、補間関数 $a(i, \Theta-\Phi)$ は、下記の同期関数に接近する。

【0036】

【数2】

$$\sin\left(\pi\left(\frac{(\Theta-\Phi)}{\Delta\Phi}+i\right)\right) \Bigg/ \left[\pi\left(\frac{(\Theta-\Phi)}{\Delta\Phi}+i\right) \right]$$

【0037】しかし、少数のポイントを利用して、補間を実施する場合、経験的に、関数 $a(i, \Theta-\Phi)$ を選択することが必要になる。例えば、 $N=2$ （2ポイント補間）の場合、図15に示す曲線は、満足のゆく結果の得られることが分かっており、前述の例の場合に用いられる、0.58の値が示されている。この値が2ポイント補間に用いられると、先行技術の場合に生じた半径方向のラインの人為的不自然さが大幅に減少した。

【0038】本発明のもう1つの態様によれば、不均一な角サンプリングを利用することによって、分解能を損なわずに、イメージング・フレーム率を高めることが可能であることが分かっている。すなわち、先行技術によるイメージング・システムは、図16に示す均一な角サンプリングを利用しており、音響ライン間の角インクリメント α が、 180° のイメージ・セクタ全体にわたって一定になるため、 n 番目の音響ラインの角度（操向角と呼ばれる） (Φ_n) 、 $\Phi_n=n\alpha$ 。例えば、送信ライン1600と1602（図16にラインで概略が示されている）の間の角間隔は、角度 α である。この角度は、他の2つのライン1604と1606の間における角度 α と同じである。従って、角間隔は、操向角 Φ から独立している。本発明のもう1つの態様によれば、先行技術による均一なサンプリングの場合、操向角が大きくなると、対象をオーバ・サンプリングし、結果として、フレーム率が不必要に低くなることが分かった。すなわち、操向角が大きいと、フェイズド・アレイの有効「アパーチャ」は、送信及び受信ビームが伝搬する角度のため、操向角のコサインだけ縮小される可能性がある。アパーチャのサイズが縮小されるので、送信及び受信手段の有*

※効率は、拡大する。従って、より広い音響ライン間の角間隔を利用することによって、同じ分解能を得ることができる。大きい角度で発射されるライン数を減らすことによって、ライン総数を減らして、所定の分解能のイメージを得ることが可能になる。

【0039】すなわち、音響ラインは、操向角のコサインと相反関係をなすように均一なグリッド上に間隔をおいて配置することによって、 n 番目の音響ラインの操向角を $\Phi=\sin^{-1}(N\alpha)$ にすることが可能になることが分かった。この方法によって、音響ライン間隔は図17に示すようになり、有効フレーム率を高めることが可能になる。図17に示すように、ライン1704と1706の間隔が α の場合、大きい操向角 Φ において、ライン1700と1702の間に示された間隔は、 $\alpha/\cos\Phi$ のため、ライン間の角間隔は、 $1/\cos\Phi$ だけ広がることになる。

【0040】本発明のもう1つの態様によれば、ビーム形成の前に、発射される音響ラインから得られるデータの線形組み合わせから音響情報を合成することによって、音響ライン数を減らす、従って、音響ライン数を増すことも可能である。ナイキスト・サンプリング理論によれば、ライン間には、空間情報が損なわれないことを補償する最大角間隔が存在する。すなわち、送信ライン間の最大許容角間隔 α_c は、フーリエ光学及び空間ナイキスト・サンプリング理論を利用して導き出すことが可能であり、下記によって得られる。

【0041】

【数3】

1. 0 ラジアン

$$\alpha_t = \frac{1}{N} \quad \text{(最高時間周波数成分の波長における送信アパーチャ幅)}$$

【0042】例えば、3000 Minuteman Road, Andover, Massachusetts 01810のヒューレット・パカード社から、「PRISM」の商品名で販売されている、3.5MHzの超音波周波数、及び、二分の一の波長間隔をあけて配置した、128の変換器（送信と受信の両方に用いられる）からなるアレイを用いた従来の超音波イメージング・システムを利用した場合、この公式によって、 $\alpha_c =$

0.90度が得られる。上述のシステムの場合、受信ビームは、前述のように、いくつかの受信素子からの信号を遅延させ、総和することによって、各送信ビーム角度毎に、形成される。送信ライン間隔が上述の式によって得られたとしても、受信ラインは、下記によって得られるより狭い角間隔 α_r だけ離さなければならない。

【0043】

【数4】

1. 0 ラジアン

$$\alpha_r = \frac{\text{(送信アパーチャ幅)} + \text{(受信アパーチャ幅)}}{2}$$

【0044】上に示したばかりの例の場合、 $\alpha_r = 0.45$ 度。必要な送信ライン数と受信ライン数の間におけるこの差によって、 α_r によって決まる間隔で音響ラインを発射し、各受信変換器からの信号に補間を施して、実際のライン間隔が α_r の場合に得られたであろう信号の合成を行う、本発明の方法及び装置が利用可能になる。この方法は、受信アパーチャがゼロに近い場合、ビーム形成前に、個々の受信素子が、それぞれ、それ自体のシステムのように動作するので、有効に機能する。従って、受信アパーチャがゼロ幅にセットされると、 α_r が α_r と同等になるので、個々の受信素子のそれぞれについて、信号に十分なサンプリングを施すために、送信角離隔距離 α_r を利用することが可能になる。

【0045】最も単純な補間構成には、実際に発射される各送信ビーム毎に、2つの受信ビームを合成することが含まれる。この合成は、合成ビームが、図18に示すように、中心送信ビームのそれぞれの側において「受信」されるように実施される。2つのビーム形成器を利用して、信号を再構成することによって、ビーム形成器の出力は、2つの送信ビームが発射されたように見える。図18は、送信及び受信ビームをラインで表して、セクタの一部の概略が示されている（図18におけるビームの角間隔は、分かりやすくするため、かなり誇張されている）。実線1800-1808は、実際に発射される送信ビームを表している。ドット・ラインは、後述の回路要素を利用して、受信情報から合成される受信ビームを表している。本発明によれば、受信信号を利用して、実際にはそうではないが、2つの送信ビームが発射されたかのように、2つの受信ビームを合成することが可能である。例えば、ライン1810として示された合成受信ビームは、遅延及び線形組み合わせによって、送信ビーム1802から受信した情報から発生させることが可能である。同様に、合成ビーム1812は、送信ビーム1802によって発生した受信情報から発生させることが可能であり、結果として、括弧1814で識別される1対のビームが、単一の送信ビームから発生することになる。合成ビームは、それを発生する送信ビームのまわりに対照に配置される。すなわち、送信ビームの角間隔が $\Delta\theta$ の場合、受信ビームは、関連する送信ビームのどちらの側でも、角間隔 $\Delta\theta/4$ で発生する。合成受信ビームと送信ビームの間隔によって、 $\Delta\theta/2$ の等角インクリメントで、合成受信ビームの間隔があくことになる。同様に、送信ビーム1804を利用して、括弧1816で識別される2つの合成ビームを発生させることが可能である。さらに、送信ビーム1806から括弧1818で識別される合成ビームが発生する。

【0046】受信ビームを合成するためには、従来の受

信回路構成を修正しなければならない。図19に示す従来の走査システムの場合、素子1...Nで表示の複数の受信変換素子を利用して、受信ビームが構成される。簡略化のため、2つの素子1900及び1902だけしか示されていない。各素子は、変換器の出力信号に適正に重み付けを施し、その総和を行うことによって受信ビームを構成するビーム形成器1904に直接接続される。

【0047】図20には、既存の変換器の受信出力から追加ライン情報を合成するために利用可能な回路要素の概略が示されている。変換素子（そのうち、素子2000及び2002が示されている）のそれぞれは、補間回路（そのうち、補間回路2001及び2003が示されている）を介して、2つのビーム形成器2025及び2042に接続されている。補間回路のそれぞれが同一のため、回路2001だけについてしか詳述しない。2つの合成ビームだけしか発生しないので、一般に、変換器の出力情報を利用して、後述のように、3つ以上の受信ラインを合成することが可能である。この回路構成を3つ以上のラインに拡張するのは、簡単である。

【0048】すなわち、リード2004における素子2000の出力は、1対のライン発生回路に加えられるが、第1の回路は、乗算器2008、2014、及び、2020と、総和接合2022から構成され、第2のライン発生回路は、乗算器2024、2026、及び、2028と、総和接合2030から構成される。第1のライン発生回路の場合、出力2004は、乗算器2008及びライン・バッファ2010の入力に直接加えられる。ライン・バッファ2010は、システムの送信及び受信時間に相当する時間期間にわたって、出力2004を遅延させるので、ライン・バッファ2010の出力2012は、先行音響ラインに関する変換器2000の出力から構成されることになる。

【0049】出力2012は、さらに、第2のライン・バッファ2016に加えられ、リード線2018におけるこのバッファの出力は、2ライン時間期間だけ遅延した変換器2000の出力2004から構成される。ライン・バッファ2010及び2016の出力2012及び2018は、それぞれ、乗算器2014及び2020に加えられる。乗算器2008、2014、及び、2020には、それぞれ、変換器及びライン・バッファ出力のスケールリングを行う定数 a_1 、 a_2 、及び、 a_3 が与えられている。各乗算器によって、スケールリングを施された出力が総和接合2022に加えられる。スケールリング及び総和によって、3つの連続した送信ラインに利用可能な受信情報からの変換出力2004から、総和接合2022の出力2023における「新しい」受信値が合成

される。この合成出力は、従来のビーム形成器 2025 の入力の一つに加えられる。

【0050】ライン 2004 における変換器 2000 の出力及びライン・バッファ 2010 及び 2016 の出力 2012 及び 2018 は、3 つの追加乗算器 2024、2026、及び、2028 にも加えられる。これらの乗算器には、3 つの異なるスケーリング定数 b_1 、 b_2 、及び、 b_3 が与えられており、スケーリングを施した出力は、追加合成出力を発生するために、総和接合 2030 に加えられる。定数「a」及び「b」が異なる場合、第 2 の合成出力は、第 1 の合成出力とは異なっている。総和接合 2030 のライン 2032 におけるこの合成出力は、第 2 の従来のビーム形成器 2042 の第 1 の入力に加えられる。

【0051】ビーム形成器 2025 は、リード線 2027 に出力を発生し、ビーム形成器 2042 は、リード線 2044 に出力を発生する。これらの出力は、記憶し、実際のライン数の 2 倍のラインを発射したように、処理することが可能である。各変換素子毎に、同様の補間回路を設けることが可能である。例えば、変換素子 2002 の出力には、補間回路 2003 が設けられる。各補間回路は、2 つの合成ラインを発生する。これらのラインの 1 つは、ビーム形成器 2025 の入力の一つに加えられ、もう 1 つのラインは、ビーム形成器 2042 の入力の一つに加えられる。例えば、総和接合 2034 及び 2038 によって発生する補間回路 2003 の出力は、ライン 2036 及び 2040 を介して、「n」入力として、ビーム形成器 2025 及び 2042 に加えられる。

【0052】図 20 に示す回路に関する問題の 1 つは、2 つのライン発生回路を各変換器の出力に接続して、結果として、全部で $2N$ のライン発生回路を形成しなければならないということである。結果として、この回路は、高価になる可能性がある。図 21 には、必要なライン発生回路数を減らすため、ビーム形成器後に補間が実施される代替実施例が示されている。すなわち、 N の受信変換素子の出力（そのうち、素子 2100 及び 2102 が示されている）が、2 つのビーム形成器 2125 及び 2142 に加えられる。すなわち、変換素子 2100 の出力は、リード線 2104 を介して、ビーム形成器 2125 に加えられ、リード線 2101 を介して、ビーム形成器 2142 に加えられる。同様に、変換器 2102 の出力が、リード線 2103 を介して、ビーム形成器 2125 に加えられ、リード線 2105 を介して、ビーム形成器 2142 に加えられる。ビーム形成器 2125 及び 2142 のそれぞれの出力は、さらに、補間回路に加えられる。例えば、リード線 2127 におけるビーム形成器 2125 の出力は、補間回路 2150 に加えられ

る。同様に、ビーム形成器 2142 の出力 2144 は、補間回路 2152 に加えられる。補間回路 2150 及び 2152 は、ほぼ等しいので、補間回路 2150 についてのみ、詳述することにする。

【0053】補間回路 2150 は、2 つのライン・バッファ 2154 及び 2156、3 つの乗算器 2162-2164、及び、総和接合 2166 から構成される。乗算器 2160 は、ビーム形成器 2125 の出力に所定の定数 a_1 を掛けて、スケーリングを施した出力を総和接合 2166 に送る。ビーム形成器 2125 の出力は、前述のように、1 つの音響ラインを発射するのに必要な時間に等しい時間期間にわたって、出力を遅延させるライン・バッファ 2154 にも加えられる。リード線 2158 におけるライン・バッファ 2154 の出力は、乗算器 2162 に加えられ、この乗算器では、該出力に第 2 の定数 a_2 を掛けて、総和接合 2166 に加える。リード線 2158 におけるライン・バッファ 2154 の出力は、ライン・バッファ 2156 にも加えられ、音響ライン持続時間に等しいもう 1 つの時間期間だけ、遅延させられる。さらに、ライン・バッファ 2156 の出力は、乗算器 2164 に加えられ、定数 a_3 が掛けられる。このスケーリングを施した出力は、総和接合 2166 に加えられる。

【0054】定数 a_1 、 $-a_1$ を適正に調整することによって、総和接合 2166 の出力において、3 つの順次音響ライン走査から形成されるビーム形成器 2125 の補間出力である、総和を得ることができる。補間回路 2152 は、同様に、リード線 2170 に第 2 の補間出力を発生する働きをする。補間回路 2152 における定数及び乗算器は、補間回路 2150 における乗算器の値と同じになるように調整される。この案は、図 20 において必要な $2N$ の補間回路の代わりに、2 つの補間回路だけしか必要としないという点を除けば、図 20 に示すものと同様の働きをする。

【0055】各送信ビーム毎に、2 つの受信ビームを合成する場合、合成された送信ビームは、図 18 に示す送信ビームがとる経路に沿って戻らないので、 S/N 比が損なわれる。全ての合成された受信ラインが、同一のビーム形状ではないので、「チェッカー・ボード」状の人為的不自然さを生じる可能性がある。 S/N 比の不利及び可能性のある人為的不自然さを排除するため、3 つのビーム形成器を利用して、実際の各送信ビームからの受信データから 3 つの出力を発生することが可能になる。ビーム形成器の出力は、各送信角度毎に、下記の表に示す一連の角度で発生することが望ましい。

【0056】

【表 1】

表 I

送信角	ビーム形成器 # 1 の 受信角	ビーム形成器 # 2 の 受信角	ビーム形成器 # 3 の 受信角
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
0	0	$-\Delta\theta/2$	$\Delta\theta/2$
$\Delta\theta$	$\Delta\theta$	$\Delta\theta/2$	$3\Delta\theta/2$
$2\Delta\theta$	$2\Delta\theta$	$3\Delta\theta/2$	$5\Delta\theta/2$
$3\Delta\theta$	$3\Delta\theta$	$5\Delta\theta/2$	$7\Delta\theta/2$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

【0057】往復受信ライン情報を合成するため、各ビーム形成器の出力は、メモリに記憶され、次に、記憶された出力を組み合わせることによって、合成された受信ビームが発生する。望ましい組み合わせについては、R (x) が、ビーム形成器 n によって、操向角 x における送信ビームから生じる、記憶された出力信号である、表 I I に示されている。表 I I を検討すると明らかなように、合成往復受信ビーム・データは、2つの異なる操向角において発射される送信ビームからのデータを平均化することによって発生する。2つの送信ビームからのデータを組み合わせることによって、システムが、実際の送信ビーム間において、第3の送信ビームを実際に発射したかのように見える。

【0058】図22には、合成ライン情報が、元の送信ビームに関連して示されている。図22には、図18の場合のように、実際の送信ビームが、実線2200-2208として示されている。合成受信ビームは、ドット・ラインで示されている。表I Iによれば、2つの送信ビームからのデータを利用して、受信ビームの1つが合成される。例えば、受信ビーム2210は、送信ビーム2200からのデータから発生し、受信ビーム2214は、送信ビーム2202からのデータから発生する。受信ビーム2212は、送信ビーム2200及び2202からのデータを組み合わせることによって発生する。同

様に、受信ビーム2218、2222、及び、2226は、それぞれ、送信ビーム2204、2206、及び、2208から発生する。受信ビーム2216、2220、及び、2224は、それぞれ、送信ビーム2202、2204、2206、及び、2208から発生する。括弧2228、2230、及び、2232は、並列に発生する3つのビームからなるグループに関する受信ビーム情報を識別している。

【0059】この合成の場合、合成受信ビームは、実際の送信ビームまたは「合成」送信ビームとの完全なアライメントがとれるので、S/N比が損なわれない。実際には、分解能とS/N比のトレード・オフのため、わずかに、S/N比の利得がある。しかし、全ての往復ビームが、同じビーム形状を有しているわけではないので、2つの並列ビーム案の場合のように、「チェッカー・ボード」状の人為的不自然さが生じる可能性がある。さらに、この案の場合、異なる時間に発射される送信ラインによって発生するデータを平均化するので、対象の動きに対して鋭敏になる可能性がある。また、4つの並列ビーム形成器を利用して、表I I Iに示す送信及び受信角で、4つの並列出力を発生することも可能である。

【0060】

【表2】

表 I I I

送信角	ビーム形成器 # 1 の受信角	ビーム形成器 # 2 の受信角	ビーム形成器 # 3 の受信角	ビーム形成器 # 4 の受信角
.
.
.
0	$-3\Delta\theta/4$	$-\Delta\theta/4$	$\Delta\theta/4$	$3\Delta\theta/4$
$\Delta\theta$	$\Delta\theta/4$	$3\Delta\theta/4$	$5\Delta\theta/4$	$7\Delta\theta/4$
$2\Delta\theta$	$5\Delta\theta/4$	$7\Delta\theta/4$	$9\Delta\theta/4$	$11\Delta\theta/4$
$3\Delta\theta$	$9\Delta\theta/4$	$11\Delta\theta/4$	$13\Delta\theta/4$	$15\Delta\theta/4$
$4\Delta\theta$	$13\Delta\theta/4$	$15\Delta\theta/4$	$17\Delta\theta/4$	$19\Delta\theta/4$
.
.
.

【0061】前述の合成方法の場合、各ビーム形成器の * 受信ラインを合成する。

出力をメモリに記憶し、次に、表 I V に示すような線形 【0062】

組み合わせによって、記憶した出力を組み合わせ、往復*20 【表3】

表 I V

合成される往復角	往復ビームの合成に用いられる線形組み合わせ
.	.
.	.
.	.
$\Delta\theta/4$	$. 93 * R 3 (0) + . 28 * R 1 (\Delta\theta)$
$3\Delta\theta/4$	$. 28 * R 4 (0) + . 93 * R 2 (\Delta\theta)$
$5\Delta\theta/4$	$. 93 * R 3 (\Delta\theta) + . 28 * R 1 (2\Delta\theta)$
$7\Delta\theta/4$	$. 28 * R 4 (\Delta\theta) + . 93 * R 2 (2\Delta\theta)$
$9\Delta\theta/4$	$. 93 * R 3 (2\Delta\theta) + . 28 * R 1 (3\Delta\theta)$
.	.
.	.
.	.

【0063】ここで、 $R_n(x)$ は、ビーム形成器 n によって、一方で、操向角 x で発射される送信ビームから受信したデータによって発生した記憶出力信号である。この組み合わせによって、図 23 に概略を示した合成ビームが得られる。前述のように、実際の送信ビームは、実線で概略が示されており、合成受信ビームは、ドット・ラインで示されている。この方法の場合、全ての受信ビーム刃、2つの送信ビームから合成される。例えば、受信ビーム 2304 及び 2306 は、送信ビーム 2300 及び 2302 から受信したデータから合成される。括弧 2308 及び 2310 は、送信データから合成された並列受信ビームのグループを識別し、表示している。前述の 3 ビーム法の場合のように、 S/N 比の利得はわず

しかし、4 ビーム法には、全ての合成ビームが、全ての往復角についてほぼ同じビーム形状を備えており、従って、「チェッカー・ボード」状の人為的不自然さが生じないという利点がある。本発明の方法及び装置のほんのわずかな実施例についてしか説明しなかったが、当該技術の熟練者には、いくつかの修正及び変更が容易に明らかになるであろう。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明を用いることにより、システムのフレーム率を低下させることなく、分解能を高めることができる。また、不完全な先行技術による再構成プロセスによって形成される音響イメージの人為的不自然さを減少させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の音響イメージング・システムの簡略ブロック図である。

【図2】図1に示す従来の走査変換器回路の詳細ブロック図である。

【図3】本発明の1つの特徴による音響イメージング・システムの簡略ブロック図である。

【図4 A】音響イメージング・テスト装置の断面図である。

【図4 B】音響イメージング・テスト装置の断面図である。

【図5 A】図1に示す従来のイメージング装置を用いた、図4 Aに示すテスト・セットアップに関する、音響変換器によって発生される信号振幅対受信ビーム角を示す図である。

【図5 B】図1に示す従来のイメージング装置を用いた、図4 Bに示すテスト・セットアップに関する、音響変換器によって発生される信号振幅対受信ビーム角を示す図である。

【図6 A】図5 Aにおける信号の検出から生ずる信号を示す図である。

【図6 B】図5 Bにおける信号の検出から生ずる信号を示す図である。

【図7 A】図6 Aにおける信号のサンプリングから生ずる信号を示す図である。

【図7 B】図6 Bにおける信号のサンプリングから生ずる信号を示す図である。

【図8 A】図7 Aにおける信号の線形補間あるいは走査変換から生ずる信号を示す図である。

【図8 B】図7 Bにおける信号の線形補間あるいは走査変換から生ずる信号を示す図である。

【図9 A】図3に示す装置による、図5 Aにおける信号のサンプリングから生ずる信号を示す図である。

【図9 B】図3に示す装置による、図5 Bにおける信号のサンプリングから生ずる信号を示す図である。

【図10 A】図9 Aにおける信号の線形補間あるいは走査変換から生ずる信号を示す図である。

【図10 B】図9 Bにおける信号の線形補間あるいは走*

* 査変換から生ずる信号を示す図である。

【図11 A】図9 Aにおける信号の検出から生ずる信号を示す図である。

【図11 B】図9 Bにおける信号の検出から生ずる信号を示す図である。

【図12】従来の超音波イメージング・システムを用いて発生された心臓筋肉部の拡大イメージを示す写真である。

【図13】本発明の超音波イメージング・システムを用いて発生された、図11に示す心臓筋肉部の拡大イメージを示す写真である。

【図14】走査変換補間を行うための好ましい回路構成を示す概略ブロック図である。

【図15】本発明の1つの特徴による補間機能を示す図である。

【図16】等角インクリメントで音響ラインを発射する従来の方法を示す概略図である。

【図17】本発明による走査シーケンスの概略図である。

【図18】システムのフレーム率を減ずる方法を説明するための図である。

【図19】変換器素子のビーム形成器への従来の接続を示す概略図である。

【図20】本発明の別の特徴による概略図である。

【図21】図20に示す回路の変形を示す図である。

【図22】送信ビーム情報に対する合成受信ビーム情報を示す概略図である。

【図23】送信ビーム情報に対する合成受信ビーム情報を示す概略図である。

【符号の説明】

300：変換器

302：ビーム形成器

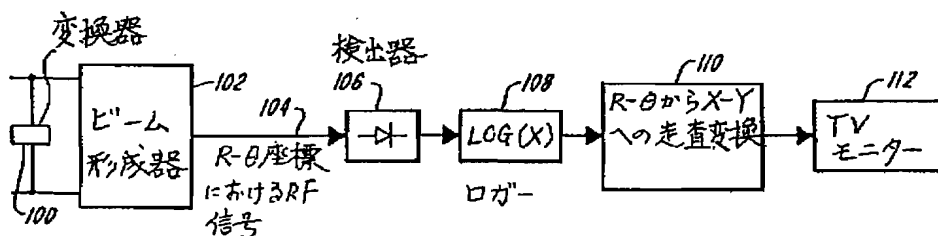
306：検出器

308：増幅器

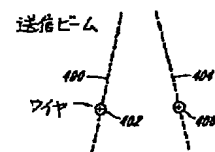
310：走査変換器

312：TVモニター

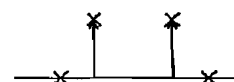
【図1】



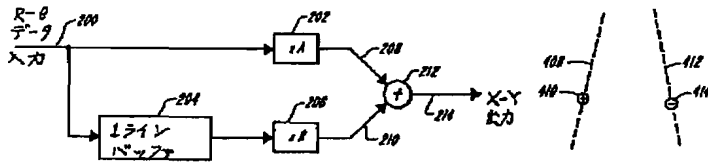
【図4 A】



【図7 A】

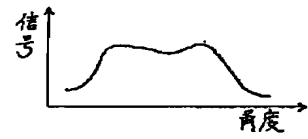


【図2】



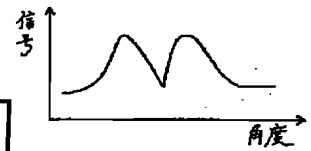
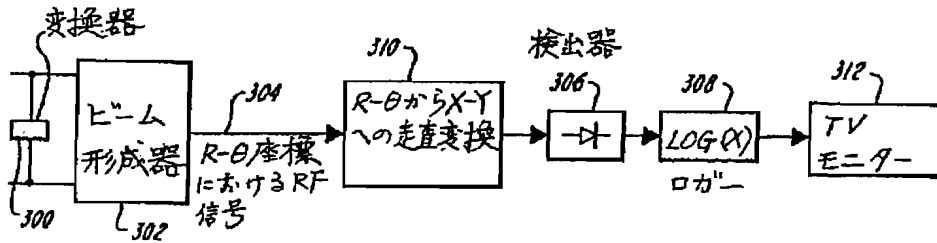
【図4B】

【図6A】



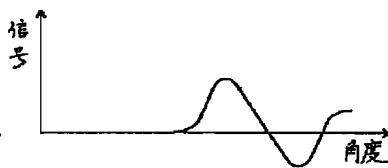
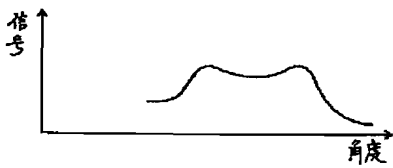
【図3】

【図6B】

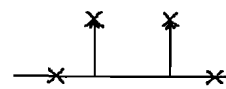


【図5A】

【図5B】



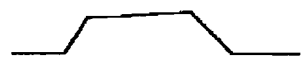
【図7B】



【図8A】



【図11A】



【図11B】

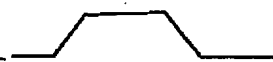
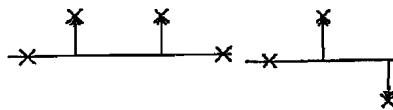


【図8B】

【図9A】

【図9B】

【図10A】



【図10B】

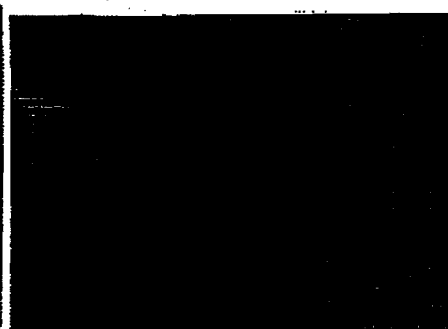
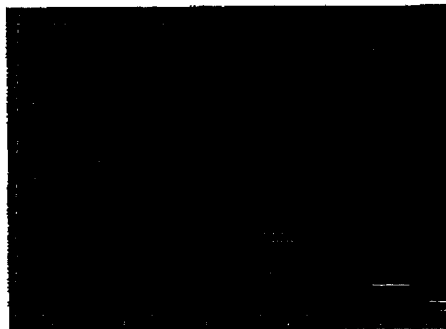


【図12】

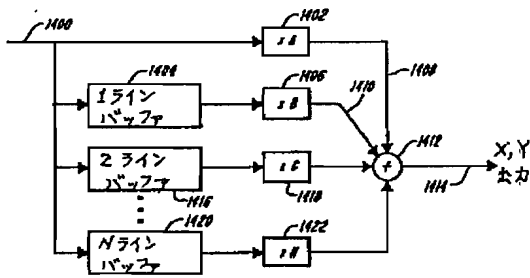
【図13】

四角代用平素

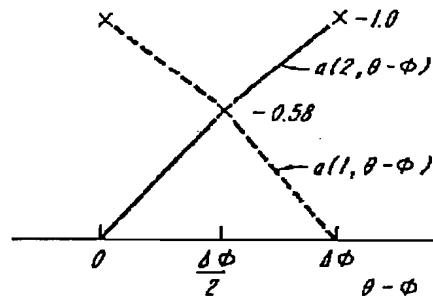
四角代用平素



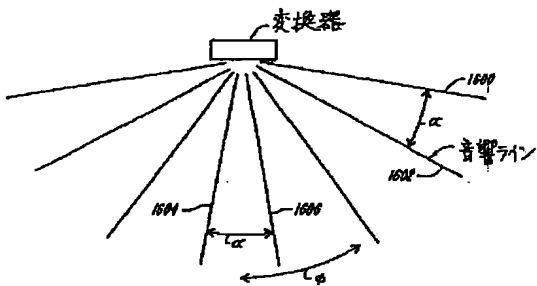
【図14】



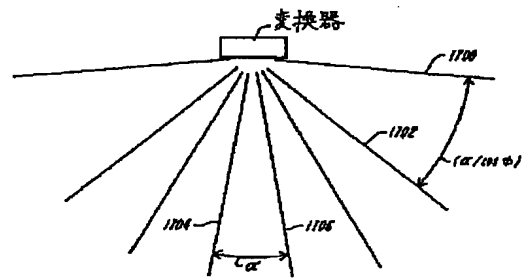
【図15】



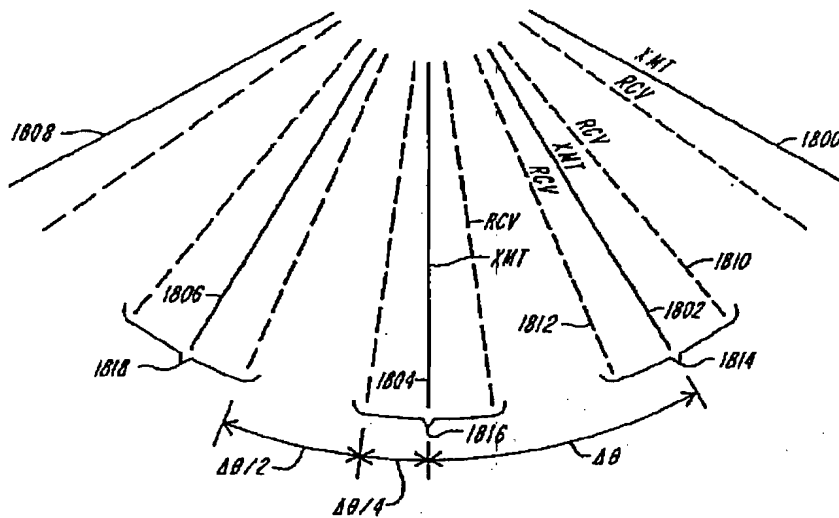
【図16】



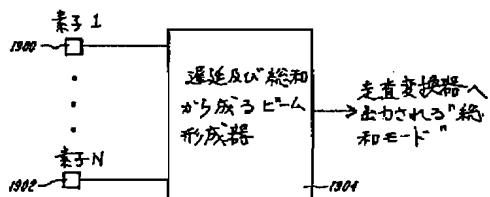
【図17】



【図18】



【図19】



【図20】

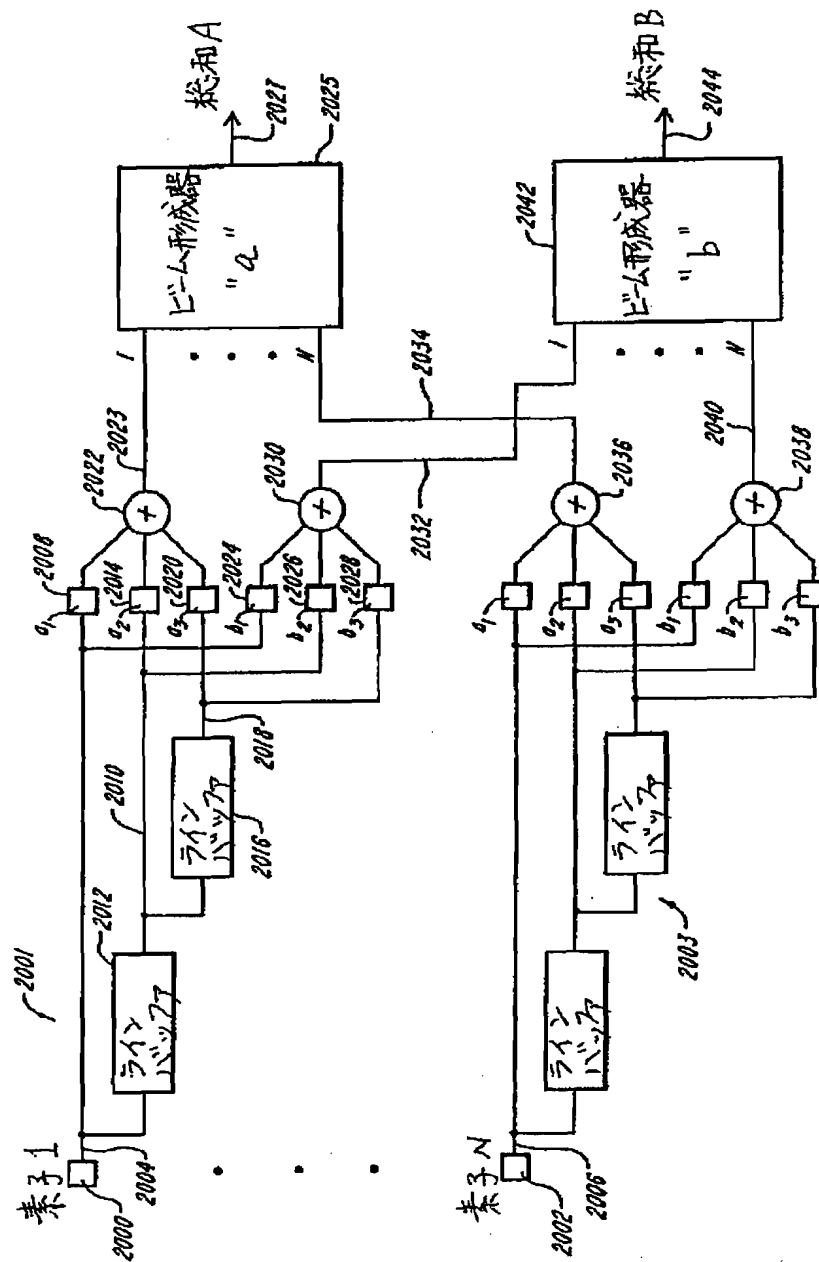
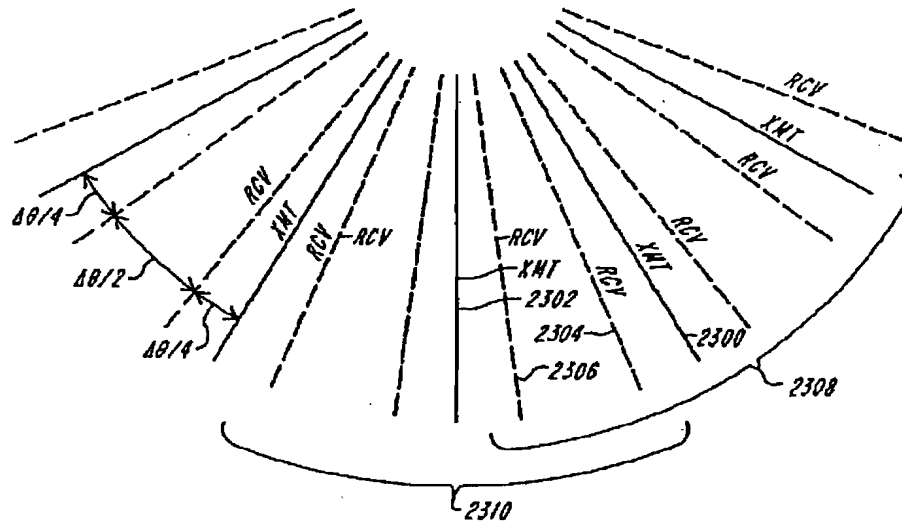


Figure 1 is a block diagram of a beam forming circuit. The circuit is divided into two main sections, 'a' and 'b'. Section 'a' includes a beam former (2125) and a line buffer (2134). Section 'b' includes a beam former (2126) and a line buffer (2135). The outputs of these sections are combined at a summing junction (2159) to produce the final output (2160). The diagram shows various input signals (2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105) and intermediate signals (2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 2681, 2682, 2683, 2684, 2685, 2686, 2687, 2688, 2689, 2690, 2691, 2692, 2693, 2694, 2695, 2696, 2697, 2698, 2699, 2700, 2701, 2702, 2703, 2704, 2705, 2706, 2707, 2708, 2709, 2710, 2711, 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718, 2719, 2720, 2721, 2722, 2723, 2724, 2725, 2726, 2727, 2728, 2729, 2730, 2731, 2732, 2733, 2734, 2735, 2736, 2737, 2738, 2739, 2740, 2741, 2742, 2743, 2744, 2745, 2746, 2747, 2748, 2749, 2750, 2751, 2752, 2753, 2754, 2755, 2756, 2757, 2758, 2759, 2760,

【図23】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第1部門第2区分
 【発行日】平成13年4月3日(2001.4.3)

【公開番号】特開平6-14929
 【公開日】平成6年1月25日(1994.1.25)
 【年通号数】公開特許公報6-150
 【出願番号】特願平5-113762
 【国際特許分類第7版】

A61B 8/14
 G01N 29/06

【FI】

A61B 8/14
 G01N 29/06

【手続補正書】

【提出日】平成12年4月7日(2000.4.7)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】音響イメージング装置及びその方法及びそのシステム

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の音響変換素子と、対象物を調べる送信音響ビームを生成する為に前記複数の音響変換素子に結合する手段と、受信音響ビームから信号を受信する為に前記複数の変換素子に結合する手段と、そして受信した音響信号に呼応して第一のフォーマットの画像信号を生成する手段とを有するフェイズド・アレイ音響イメージングシステムの画像イメージの人為的不自然さを低減する為の装置であって、

前記画像信号を選択的に事前に決められた時間間隔分遅延させることにより複数の画像表示信号を生成する手段であって、前記時間間隔が、送信音響ビームを生成し、前記対象物から反射する信号を受信するに必要な時間間隔の倍数であることを特徴とする手段と、

前記複数の画像表示信号の各々を事前に決められた定数値で乗算して複数のスケーリングされた画像表示信号を生成する手段であって、前記事前に決められた定数値の和が1よりも大きいことを特徴とする手段と、

前記複数のスケーリングされた画像表示信号の各々を加算して第二のフォーマットの画像表示信号を生成する手段とを含む装置。

【請求項2】複数の音響変換素子と、対象物を調べる送信音響ビームを生成する為に前記複数の音響変換素子に結合する手段と、受信音響ビームから信号を受信する為に前記複数の変換素子に結合する手段と、そして受信音響信号に呼応して第一のフォーマットの画像信号を生成する手段とを有するフェイズド・アレイ音響イメージングシステムの画像イメージの人為的不自然さを低減する為の方法であって、

A. 前記画像信号を選択的に事前に決められた時間間隔分遅延させることにより複数の画像表示信号を生成するステップであって、前記時間間隔が送信音響ビームを生成し、前記対象物から反射した信号を受信するに必要な時間間隔の倍数であることを特徴とするステップと、

B. 前記複数の画像表示信号の各々を、事前に決められた定数値で乗算して複数のスケーリングされた画像表示信号を生成するステップであって、前記事前に決められた定数値の和が1よりも大きいことを特徴とするステップと、

C. 前記複数のスケーリングされた画像表示信号の各々を加算して第二のフォーマットの画像表示信号を生成するステップとを含む方法。

【請求項3】複数の音響変換素子と、対象物を調べる送信音響ビームを連続的に生成する為に前記複数の変換素子に結合する手段とを含むフェイズド・アレイ音響イメージングシステムのフレーム率を上げる為の装置であって、

前記複数の変換素子の各々に結合する補間回路手段であって、前記複数の変換素子の各々により少なくとも2つの連続する送信ビームの音響エネルギーから生成された受信信号に呼応して少なくとも2つの補間出力を生成する前記補間回路手段と、

前記補間回路手段により生成された前記補間出力に呼応して、少なくとも2つの受信ビームに対応する画像データを生成する複数のビーム形成手段と、

前記画像データに呼応して前記対象物の視覚的表示を生成する手段とを含む装置。

【請求項4】複数の音響変換素子と、対象物を調べる送信音響ビームを連続的に生成する為に前記複数の変換素子に結合する手段とを含むフェイズド・アレイ音響イメージングシステムのフレーム率を上げる為の装置であって、

前記複数の変換素子に結合する記憶手段であって、前記変換素子からの受信信号に呼応して、前記変換素子の各々により少なくとも2つの連続する送信音響ビームの音響エネルギーから生成された受信信号を表わす、少なくとも2つの記憶出力を生成する為の記憶手段と、

前記記憶出力を事前に決められた定数の第一のセットでスケールリングして中間出力の第一のセットを生成する為の第一の手段と、

前記記憶出力を事前に決められた定数の第二のセットでスケールリングして中間出力の第二のセットを生成する為の第二の手段と、

前記中間出力の第一のセットを加算して第一の補間出力を生成する為の第一の加算手段と、

前記中間出力の第二のセットを加算して第二の補間出力を生成する為の第二の加算手段と、

前記補間出力の第一のセット及び前記補間出力の第二のセットに呼応して少なくとも2つの受信ビームに対応する画像データを生成する為の複数のビーム形成手段と、前記画像データに呼応して前記対象物の視覚的表示を生成する為の手段とを含む装置。

【請求項5】複数の音響変換素子と、対象物を調べる送信音響ビームを連続的に生成する為に前記複数の変換素子に結合する手段とを含むフェイズド・アレイ音響イメージングシステムのフレーム率を上げる為の方法であって、

A. 前記変換素子の各々により少なくとも2つの連続する送信音響ビームの音響エネルギーから生成された受信信号から、少なくとも2つの補間出力を生成するステップと、

B. ステップAにおいて生成された前記補間出力から、少なくとも2つの受信ビームに対応する画像データを生成するステップと、

C. ステップBにおいて生成された前記画像データから、前記対象物の視覚的表示を生成するステップとを含む方法。

【請求項6】複数の音響変換素子と、対象物を調べる送信音響ビームを連続的に生成する為に前記複数の変換素子に結合する手段とを含むフェイズド・アレイ音響イメージングシステムのフレーム率を上げる為の方法であって、

A. 前記変換素子の各々により前記各送信音響ビームの音響エネルギーから生成された受信信号から、少なくとも2つの受信ビームについて受信ビームデータを生成するス

テップと、

B. ステップAにおいて生成された少なくとも2つの受信ビームから画像データを生成するステップと、

C. ステップBにおいて生成された前記画像データから前記対象物の視覚的表示を生成するステップとを含む、ステップBが、

B1. 前記受信ビーム信号を少なくとも2つの異なる時間の間、一時的に記憶して記憶受信ビーム信号を生成するステップと、

B2. 前記記憶受信ビーム信号の各々を事前に決められた定数によりスケールリングするステップと、

B3. 前記スケールリングした受信ビーム信号を加算して補間出力を生成するステップとを含むことを特徴とし、ステップB2が、

B2A. 前記記憶受信ビーム信号の各々を少なくとも2つの事前に決められた定数でスケールリングして少なくとも2つの中間出力を生成するステップと、

B2B. 前記中間出力を加算して少なくとも2つの補間出力を生成するステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項7】請求項6に記載のフェイズド・アレイ音響イメージングシステムのフレーム率を上げる為の方法であって、ステップCが、

C1. 前記補間出力を選択的に遅延させるステップと、

C2. 前記選択的に表示した補間出力を加算して視覚的画像データを形成するステップとを含むことを特徴とする方法。

【請求項8】複数の音響変換素子と、対象物を調べる送信音響ビームを生成する為に前記複数の音響変換素子に結合する送信機と、受信音響ビームから信号を受信する為に前記複数の変換素子に結合する受信機とを有するフェイズド・アレイ音響イメージングシステムの解像度を上げる為の装置であって、

前記受信信号に呼応して第一のフォーマットの画像信号を生成するビーム形成器と、

前記ビーム形成器とは別個であり、前記画像信号に呼応して視覚的表示に適した第二のフォーマットの画像表示信号を生成する変換器と、

前記変換器に結合する、前記画像表示信号を検出し制限する回路と、

前記検出され制限された画像表示信号に呼応して前記対象物の画像を視覚的に表示する表示装置とを含む装置。

【請求項9】前記回路が、前記画像表示信号に呼応して検出画像信号を生成する検出器と、前記検出画像信号に呼応して視覚的表示に適した信号を生成する制限増幅器とを含むことを特徴とする請求項8に記載の装置。

【請求項10】複数の音響変換素子と、対象物を調べる送信音響ビームを生成する為に前記複数の音響変換素子に結合する送信機と、受信音響ビームから信号を受信する為に前記複数の変換素子に結合する受信機とを有する

フェイズド・アレイ音響イメージングシステムの解像度を上げる為の方法であって、

A. 前記受信信号に呼応して第一のフォーマットの画像信号を生成し、そして別個に、前記画像信号を視覚的表示に適した第二のフォーマットの画像表示信号へと変換するステップと、

B. 前記画像表示信号を検出及び制限するステップと、

C. ステップBにおいて検出及び制限された前記画像表示信号を、前記対象物の画像として視覚的に表示するステップとを含む方法。

【請求項11】対象物の画像を生成するフェイズド・アレイ音響イメージングシステムであって、

複数の音響変換素子と、

前記対象物を調べる送信音響ビームを生成する為に前記複数の変換素子に結合する送信機と、

前記対象物から反射した音響ビームから信号を受信する為に前記複数の変換素子に結合する受信機と、

前記受信信号に呼応して第一のフォーマットの画像信号を生成するビーム形成器と、

前記画像信号に呼応して視覚的表示に適した第二のフォーマットの画像表示信号を生成する変換器と、

前記変換器に結合した、前記画像表示信号を検出し制限する回路と、

前記検出及び制限された画像表示信号に呼応して前記対象物の画像を視覚的に表示する表示装置とを含むフェイズド・アレイ音響イメージングシステム。

【請求項12】前記送信機が、選択的に遅延させた音響信号を生成する手段と、前記遅延させた音響信号を前記複数の変換素子の少なくとも幾つかに印加する手段とを含むことを特徴とする請求項11に記載のフェイズド・アレイ音響イメージングシステム。

【請求項13】前記回路が、前記画像表示信号に呼応して検出画像信号を生成するダイオード検波器と、前記検出画像信号に呼応して視覚的表示に適した信号を生成するデータ圧縮デバイスを含むことを特徴とする請求項11に記載のフェイズド・アレイ音響イメージングシステム。